

尚志海, 周铭毅, 梁其胜, 等. 广东省湛江市水稻台风灾害风险评估[J]. 灾害学, 2021, 36(3): 85–90. [SHANG Zhihai, ZHOU Mingyi, LIANG Qisheng, et al. Risk Assessment of Rice Typhoon Disaster in Zhanjiang City of Guangdong Province[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(3): 85–90. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2021.03.016.]

广东省湛江市水稻台风灾害风险评估^{*}

尚志海, 周铭毅, 梁其胜, 杨舒惠, 张荣龙, 郑康慧

(岭南师范学院 地理科学学院, 广东 湛江 524048)

摘 要: 水稻是南方地区最重要的粮食作物, 以其为研究对象进行台风灾害风险评估具有重要意义。基于自然灾害风险的形成机制, 综合考虑发灾场敏感性、致灾力危险性和承灾体暴露性等三个方面 10 个指标, 建立评估指标体系, 运用突变级数法构建评估模型, 以 1998–2018 年影响湛江市台风资料为基础数据, 进行水稻台风灾害风险等级评估。结果表明: 湛江市水稻台风灾害承灾体暴露性呈现出中部和北部高的特征; 致灾力危险性分布呈现出东部和南部高的特征; 发灾场敏感性呈现出东部和中部高的特征。水稻台风灾害风险高的区域在湛江市中部和北部地区, 风险指数为 0 的区域主要分布在徐闻县中部地区、雷州市中部和南部、遂溪县中部地区。研究结果可以为地级市台风灾害的分级风险管理提供依据。

关键词: 台风灾害; 水稻; 风险评估; 湛江市

中图分类号: X43; P458.1; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2021)03–0085–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2021.03.016

台风是沿海地区复杂的灾害系统, 尤其是农业生产深受台风灾害影响^[1]。湛江市是广东省农业大市且台风灾害风险最大^[2], 所以台风影响导致其水稻损失严重, 例如 2018 年共有 3 个台风在湛江市登陆, 其中“贝碧嘉”在雷州市东里镇登陆, 造成全市水稻受灾 7 533 hm², 经济损失 1 691 万元。因此, 以湛江市为例, 开展水稻台风灾害风险评估研究, 具有重要的理论和现实意义。

台风灾害研究一直以来都受到国内外关注, 学者们在台风灾害风险评估模型及风险区划方面取得了不少成果, 其中风险评估方法包括加权综合方法^[3]、层次分析方法^[4]、可拓分析方法^[5]、信息扩散模型^[6], 评估指标多是基于自然灾害系统理论^[7], 选取大风和暴雨致灾因子危险性指标、人口和经济易损性指标、防灾减灾能力, 但对孕灾环境稳定性的考虑较少^[8]。在东南沿海地区的实证研究中, 学者们多采用数理方法与 GIS 技术的结合^[9–10], 编制台风灾害风险区划图^[11]。

尽管台风灾害风险评估成果不少, 但是针对农业承灾体的台风灾害风险评估还比较少, 仅有部分学者初步探讨了台风对水稻生产的不利影响。SHIMOYAMA^[12]认为, 强台风和降水是造成水稻减产的主要因素。MASUTOMI 等^[13]选取台风过程降雨量、台风过程中最大风速等因子, 构建出水稻受灾概率模型。周俊华等^[14]选取风速为指标,

统计研究网格内农作物受灾面积得出农业灾害风险大小。李瑞英^[15]以水稻灾损率为指标, 评估了福建省台风水稻灾害损失。徐鹏飞^[16]建立了农业台风灾害风险评估模型及农作物损失估算模型。总结发现, 现有研究还存在以下不足: 台风风险评估研究均集中在大尺度上^[17], 都是以县市级为基本研究尺度; 农业灾害风险评估的承灾体主要是农业系统, 缺乏具体农作物的研究^[18]; 风险评估及区划的精度还不够高^[19], 评估结果的实用性有待提高。

本文从自然灾害风险的形成机制出发, 紧紧围绕影响灾害风险形成的关键指标, 构建灾害风险评估体系, 将传统评价方法与 GIS 技术相结合, 探究镇域尺度上的水稻台风灾害风险, 完善台风灾害农业风险精细化评估, 可为灾害风险管理提供科学依据。

1 研究区域与资料来源

1.1 研究区概况

湛江市位于雷州半岛上, 地处 109°31′~110°55′E, 20°12′~21°35′N, 如图 1 所示。由于特殊的地理位置, 湛江市为广东省乃至全国台风灾害最严重的地级市之一。1998–2018 年直接登陆湛江的台风有 19 个, 平均每年约有 1 个台风。同时,

^{*} 收稿日期: 2020–11–11

修回日期: 2021–02–22

基金项目: 广东省科技计划项目(2017A020208075); 广东省自然科学基金项目(2018A030307031)

第一作者简介: 尚志海(1979–), 男, 汉族, 河北迁安人, 博士, 副教授, 主要从事自然灾害风险评估与管理研究。

E-mail: shangzhihai@126.com

湛江终年受海洋气候调节,物产丰富,是广东省稻谷主产区。根据广东省统计年鉴的数据显示,2018 年广东省水稻播种面积共 $178.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$,湛江早稻和晚稻总播种面积为 $22.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占广东省播种总面积的 12.36%,在全省 21 个地级市居第一位;2018 年湛江市水稻总产量为 $117 \times 10^4 \text{ t}$,占全省的 11.35%,次于茂名市,其中一个原因就是湛江市台风频发,狂风暴雨严重影响水稻生产,导致水稻平均亩产水平在全省偏低。



图1 研究单元分布图

(审图号:粤 S(2018)093 号,底图无修改,下同)

本文研究范围为整个湛江市,包括吴川市、雷州市、廉江市、徐闻县、遂溪县、赤坎区、霞山区、坡头区、麻章区。本文以乡镇作为基本研究单元,包括镇、乡、街道办事处、农场及公司,共计有 82 个镇、37 个街道办事处、9 个农场,4 间公司、2 个乡、1 个经济区、1 个开发区和 1 个工业园,即 137 个基本单元。上述区域中,湛江市奋勇经济区、廉江市九江开发区、坡头区官渡工业园、广前公司、华海公司、中国石油南海西部公司及广东省丰收糖业发展有限公司,由于占地面积较广,故将其作为独立单元进行处理。此外,由于大部分街道办事处面积小且很少有水稻播种,故将部分街道办合为一个研究单元,即霞山区、赤坎区和坡头区的街道办分别合并以所在区命名,吴川市的街道办合并为吴川市区,廉江市的街道办合并为廉江市区,雷州市的街道办合并为雷州市区;东海岛为广东省第一大岛,其所辖 3 个街道办事处面积较大且以农业为主,因此没有合并;由于东海岛、南三岛和硇洲岛(中国最大火山岛)面积较大,与湛江市其他地区地理环境和经济发展有很大不同,因此三个岛屿在图上独立标注。最终经过合并处理之后,本文共计 110 个研究单元(图 1)。

1.2 资料来源

本文中水稻数据主要来自于《湛江市统计年鉴》^[20],及各县市区农业农村局的统计资料。本文中台风灾害数据主要来自于湛江市气象局提供的台风资料、《中国气象灾害大典(广东卷)》^[21]和

《广东省防灾减灾年鉴》^[22]。

2 研究方法

2.1 突变级数法

突变级数法的理论基础为突变理论,它用突变数学模型对研究对象进行多层次分解以及分主次的矛盾分组,结合了突变理论同模糊数学理论的方法,进而通过归一化进行综合运算成一个参数^[23]。突变模型一共有 7 种,其中尖点突变、燕尾突变、以及蝴蝶突变较为常见,计算公式如表 1 所示,计算步骤如下。

步骤 1 构建湛江市水稻台风灾害风险评估指标体系。本文根据台风和水稻特点,将评价总目标逐层分解成由四个层次组成的系统,每一层次中各指标依据突变模型要求确定其重要性的排序,指标越重要排序越靠前,以此类推。

步骤 2 原始数值无量纲化处理。由于各指标的量和取值范围存在较大差异,无法直接进行合并计算,依据突变级数法要求,采用无量纲化方法^[24]使原始数据无量纲化后为(0, 1)范围内的数值。

标准化处理公式:

$$X_i = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, X_{\min} < X < X_{\max} \quad (1)$$

式中: X_{\max} , X_{\min} 分别为所有指标样本中的最大值以及最小值。

步骤 3 确立各个层次的突变类型。依据突变级数基本原理和要求,确定每一层次指标所采用的突变类型。

步骤 4 归一化运算。首先计算最底层各个单项指标的模糊隶属度,然后依据相应模型的归一公式进行综合量化运算往上递推,直至确定最高层总目标的突变隶属度值。

2.2 评估指标体系

在自然灾害风险评估体系研究中,多数学者是基于灾害系统理论选取指标,认为灾害风险是孕灾环境稳定性、致灾因子危险性及承灾体脆弱性共同决定的^[25],它们之间的关系一般用乘法计算^[26],这在灾害风险评估实践中最为普遍。基于灾害系统理论,本文认为自然灾害风险的形成需要具备发灾场、致灾力和承灾体三个要素,发灾场是灾害风险形成的空间场所,致灾力是自然事件对承灾体的破坏力,承灾体的暴露性和抵抗力是决定灾害风险是否能够形成的关键因素^[27]。因此,本文将水稻台风灾害风险评估指标体系的要素层,按照其重要性排序分为承灾体、致灾力、发灾场 3 大类。然后,结合湛江市台风登陆和水稻分布特征,选取 10 个指标构成灾害风险评估指标体系(表 2)。

(1) 灾害风险的核心是以人为中心,承灾体暴露是影响台风灾害风险大小的关键因素,一个自然事件只有对人类社会造成影响才能成为灾害,暴露性是对承灾体暴露程度的衡量,例如某个地区有多少人或多少资产。对于本文的承灾体来说,

表 1 突变模型中的计算公式

类型	控制变量	势函数	归一公式
尖点突变	2	$f(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx$	$x_a = \sqrt{a}; x_b = \sqrt[3]{b}$
燕尾突变	3	$f(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}ax^3 + \frac{1}{2}bx^2 + cx$	$x_a = \sqrt{a}; x_b = \sqrt[3]{b}; x_c = \sqrt[4]{c}$
蝴蝶突变	4	$f(x) = \frac{1}{6}x^6 + \frac{1}{4}ax^4 + \frac{1}{3}bx^3 + \frac{1}{2}cx^2 + dx$	$x_a = \sqrt{a}; x_b = \sqrt[3]{b}; x_c = \sqrt[4]{c}; x_d = \sqrt[5]{d}$

表 2 水稻台风灾害风险评估指标体系

目标层	要素层	子要素层	指标层
水稻灾害风险评估 W	承灾体暴露性 A		晚稻播种面积 A_1
			早稻播种面积 A_2
			十级及以上风次数 B_{11}
	致灾力危险性 B	大风 B_1	九级风次数 B_{12}
			八级风次数 B_{13}
			特大暴雨次数 B_{21}
		暴雨 B_2	大暴雨次数 B_{22}
			暴雨次数 B_{23}
	发灾场敏感性 C		水稻种植面积比例 C_1
			七级风圈覆盖次数 C_2

有水稻种植的区域是水稻台风风险评估的前提条件, 某一区域即使受台风影响而没有水稻种植则无相应台风灾害风险, 因此承灾体暴露性排列在风险评估体系最前面。承灾体暴露性选取早稻播种面积、晚稻播种面积, 2018 年湛江早稻种植 $9.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 晚稻种植 $12.59 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 那么在同等条件下, 晚稻受到台风灾害风险更大, 因此晚稻比早稻种植面积大小更能影响水稻灾害风险。

(2) 致灾力是指一种与承灾体直接接触并对其造成破坏的灾害力, 大风和暴雨是体现台风致灾力危险性的两个重要因子。在同等条件下, 致灾力越强, 即大风和暴雨级别越大, 那么承灾体受到的威胁以及发灾场的范围也越大, 相应的台风灾害风险也越大, 因此致灾力危险性是台风灾害风险评价不可或缺的因素。本文致灾力危险性选取台风暴雨及大风数据来评估。在大风方面, 本文参考刘少军^[28]等的研究成果, 评估指标确定为 1998—2018 年研究区域台风过程中最大风速达 8 级的次数、最大风速达 9 级的次数和最大风速达 10 级及其以上的次数; 在降水方面, 本文参考徐鹏飞^[16]的研究成果和国家暴雨等级标准, 评估指标确定为 1998—2018 年研究区域台风过程中暴雨次数、大暴雨次数、特大暴雨次数, 其重要性排序如表 2 所示, 越重要指标排序越靠前。

(3) 任何台风灾害形成必定盘踞一定的地理空间, 发灾场则表示形成台风灾害风险的地理空间。发灾场是台风灾害风险发生的直接场所, 也是承灾体遭受台风影响的场所, 发灾场大小无法脱离致灾力和承灾体而存在^[19]。因此, 水稻台风灾害发灾场的确定, 需要通过致灾力在不同区域的影响频率(简称致灾力频率)及不同区域承灾体受到

损失的可能性(简称水稻可损性)来决定。既有台风影响及又有水稻种植的区域, 才可能成为水稻台风灾害发灾场, 尤其是水稻种植面积所占比例大的研究单元。本文中发灾场敏感性选取水稻播种面积比例、七级风圈覆盖次数两个指标, 前者为体现台风灾害承灾体可损性的重要指标, 后者更能说明台风灾害的主要影响范围。

需要特别说明的是, 承灾体指标除了暴露性外, 还应该考虑其抵抗力。从人地关系的角度出发, 自然灾害的产生是人灾关系失调的体现。只有当灾害事件的致灾力大于承灾体抵抗力时, 灾害损失才有可能产生^[27]。由于本文研究地点仅在湛江市, 通过实地考察发现, 当地水稻种植品种相似, 其抗风抗雨能力亦相似。此外, 根据现行小麦、水稻、棉花种植保险条款规定, 风灾责任是指 8 级以上大风, 即风速在 17.2 m/s 以上即构成风灾责任, 本文致灾力危险性指标符合这一规定, 超过了水稻抵抗力。综上, 本文暂时不考虑承灾体抵抗力差异。

2.3 突变模型构建

根据表 2 中的指标体系特征, 构建水稻台风灾害风险评估梯级突变模型。在承灾体暴露性要素层 A 中, A_1 晚稻播种面积和 A_2 早稻播种面积两个指标组成了尖点模型, 通过归一化公式可得 A 要素层隶属度。在致灾力危险性要素层 B 中, B_{11} 十级及以上风次数, B_{12} 九级风次数, B_{13} 八级风次数三个指标组成了燕尾模型, 根据燕尾模型的归一化公式可对 B_1 隶属度进行计算, 同理得到 B_2 隶属度, B_1 和 B_2 又组成一个尖点模型得出 B 要素层隶属度。在发灾场敏感性要素层 C 中, C_1 水稻种植面积比例和 C_2 七级风圈覆盖次数两个指标组成了尖点模型, 通过归一化公式可得 C 要素层隶属度。最后当三个要素层的隶属度全部计算完毕, 依据燕尾模型, 计算得到湛江市水稻台风灾害风险大小。

2.4 评估等级划分

通过突变级数法计算出来的隶属度值, 由于归一化公式的聚集特点, 最终得出的评价价值往往较高且差距小, 很多学者都发现了这一现象, 突变计数法计算结果从直观上判定评价对象优劣较为困难^[29]。因此, 本文应用自然间断点分级法对承灾体暴露性、致灾力危险性和发灾场敏感性水平分成 3 个等级; 然后依据梯度分级原则, 将最终的风险评价等级划分为高中低 3 个等级。

3 结果分析

3.1 承灾体暴露性评价

本文承灾体暴露性的评价指标是水稻种植面积,换句话说,如果研究区域内没有水稻种植,其相应台风灾害风险则为0,在承灾体暴露性分布图中留白(图2),并在下面的致灾力、发灾场和风险评估中都做留白处理。由图2可知,湛江市水稻台风灾害暴露性主要为中部和北部地区高,东部、西部和南部低的特征。暴露性高的区域占到湛江市总面积的33.48%,主要集中在廉江市、遂溪县东北部、吴川市西部和雷州市东北部,这些地方均为湛江市水稻主产区;雷州市附城镇水稻暴露性最高,其水稻种植面积占到湛江市总面积的3.25%;暴露性低的区域占到湛江市总面积的27.92%,主要集中在徐闻县、东海岛、硇洲岛、遂溪县西南部、湛江市市区、吴川市市区,这些地方主要为湛江市热带水果、渔业生产区或者非农业区,因此水稻暴露性较低。特别说明的是,图中空白地区主要集中在徐闻县中部、雷州市南部、遂溪县内的广前公司,分散分布在湛江市区等,这些地方主要是以农场、公司、城区为主,土地利用方式为经济作物种植或建设用地,因此承灾体暴露性为0。

3.2 致灾力危险性评价

由图3可知,湛江台风灾害致灾力危险性分布呈现出东部和南部高、北部和西部低的特征。致灾力危险性分布特征与前人研究相同^[30],致灾力危险性高的区域共占湛江总面积的29.44%,主要分布在东部和南部沿海地区,危险性低的地区则主要分布在西北部。其中致灾力危险性高的地区集中分布在湛江市区、吴川市、雷州市东北地区、徐闻县南部地区、东海岛、南三岛和硇洲岛,这些地区多为台风登陆湛江的区域,受到台风影响更大,因此危险性高。致灾力危险性低的地区占

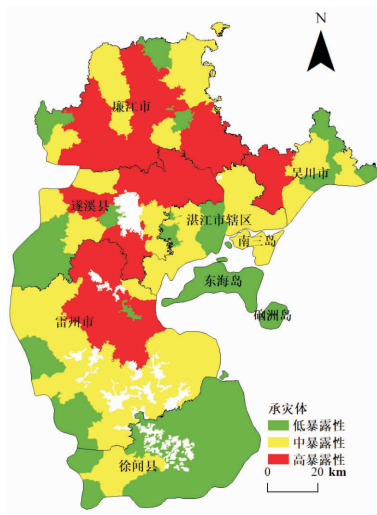


图2 湛江市水稻台风灾害承灾体暴露性分布

湛江市总面积的27.29%,集中分布在湛江市西北部的廉江市,分散分布在雷州市西北部 and 徐闻县西北部。此处特别需要说明的是,图3中台风致灾力危险性低的地区是相对于湛江市其他地区低,可能与其他湛江市外地区相比,这些地区台风危险性要高很多。

3.3 发灾场敏感性评价

由图4可知,湛江台风灾害发灾场敏感性呈现一定的规律性,整体呈现出东部和中部高,西部和南北两端低的特征。其中,敏感性高的区域主要集中分布在吴川市、廉江市南部、遂溪县东部、雷州市东北部,分散分布在徐闻县和湛江市辖区,这些地方部分属于台风风圈影响频率高的地方,例如吴川市和硇洲岛;部分属于水稻种植面积比例高的地方,例如廉江市南部、遂溪县东部、雷州市东北部。敏感性低的区域主要分布在廉江市北部、遂溪县西南部、雷州市西部及北部、徐闻县中部以及西部、南三岛。

3.4 水稻台风灾害风险评估

综合考虑灾害风险承灾体暴露性、致灾力危险

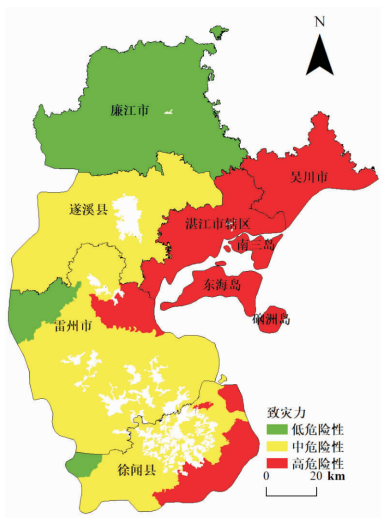


图3 湛江市水稻台风灾害致灾力危险性分布

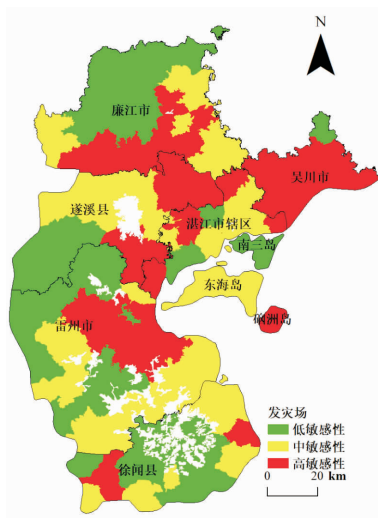


图4 湛江市水稻台风灾害发灾场敏感性分布

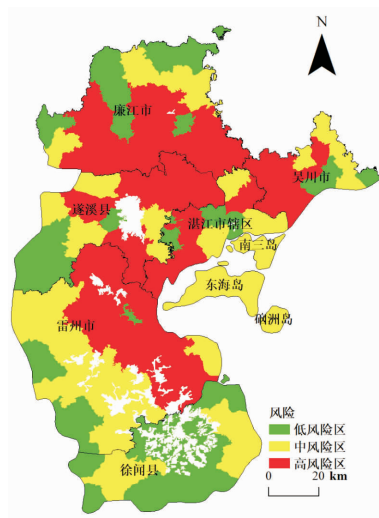


图5 湛江市水稻台风灾害风险分布

性和发灾场敏感性,计算湛江市水稻台风灾害风险大小,然后并将风险分为低风险、中风险、高风险三个等级(图5)。多数情况下,台风对于人类社会属于灾害,但对于自然界来说属于一种自然现象,因此承灾体暴露性为0的研究区域,其水稻台风灾害风险值亦为0。

水稻台风灾害风险总体特征为:水稻台风灾害风险分布呈现出一定规律性,风险高的区域共占湛江市总面积的38.29%,在湛江市东中部和北部地区,主要包括了廉江市南部、遂溪县东北部、雷州市东部、吴川市西部以及湛江市市区西南部。具体分析来看,廉江市南部和遂溪县西北部虽然危险性不高,但是该地区具有高暴露性以及较高敏感性,导致了灾害风险高。湛江市市区西南部灾害风险高主要是因为该区域属于湛江市郊区,城市化水平较低,水稻种植面积较大,因此该地暴露性与敏感性都高,成为高风险区。

风险低的区域共占湛江市总面积的24.24%,主要集中在徐闻县,分散分布在吴川市东部、廉江市北部、遂溪县西南部、雷州市西部和湛江市市区。湛江市市区和吴川市东部虽然是致灾力危险性高的地区,但由于这些地区种植水稻相对较少,暴露性较低,水稻台风灾害风险较低。

4 结论与讨论

4.1 结论

在灾害系统理论基础上,本文通过承灾体暴露性、致灾力危险性和发灾场敏感性来进行湛江市水稻台风灾害风险评估,通过突变计数法构建评估指标体系,并最终计算风险大小。主要结论如下。

(1)湛江市水稻台风灾害风险评估过程中,承灾体暴露性呈现出中部和北部高,东部、西部和南部低的特征,与水稻种植情况密切相关;致灾力危险性分布呈现出东部和南部高、北部和西部低的特征,与湛江市登陆台风特征一致;发灾场敏感性呈现出东部和中部高,西部和南北两端低的特征。

(2)湛江市水稻台风灾害风险整体上呈现北部比南部高,东部比西部高的特征,东中部和北部地区主要为高风险区。本文风险评估过程和结果注意到了风险值为0的区域,风险区域只分为高中低三个等级,有利于政府集中精力和财力分级分类地防灾减灾,能够满足地市级政府灾害风险管理的需求。

4.2 讨论

自然灾害风险评估具有重要的理论和现实意义。但是在灾害风险评估实践中,灾害风险形成机制的分析不够深入,从而导致评估模型和指标体系存在一些问题。有些学者并不清楚孕灾环境、致灾因子、承灾体之间的具体差异,直接套用灾害系统指标及风险表达式,虽然表面上大量GIS技术和数学方法被应用在风险评估中,但其合理性

和适用性令人质疑。例如,风险评估指标选取上雷同,并不是针对具体灾种和承灾体而有所变化,常见的孕灾环境指标包括高程、地形起伏、降水变率、河网密度,承灾体指标大部分是人口密度、人均GDP等,只有致灾因子指标略有差异,这种没有考虑到具体情况的风险评估是否有问题呢?地域分异规律是地理学的核心理论之一,所以灾害风险评估也应该因地制宜、因灾制宜。

本文在灾害系统理论的基础上,着重考虑水稻台风灾害的形成机制,将灾害系统模型具体化为承灾体、致灾力、发灾场,聚焦于真正对灾害风险形成产生影响的主要因子,并且考虑了三个因素的作用差异,将其重要性进行了排序。而多数研究是将三者简单相乘,忽视了灾害风险因素在风险形成过程中的差异。现有台风灾害风险评估以国家或省级尺度为主,往往只注重致灾力危险性评估,但是不考虑精细化尺度上承灾体暴露性及发灾场敏感性的差异。根据自然灾害的定义,自然灾害必须是对人类社会造成一定危害的事件,没有承灾体就不能形成灾害,因此本文将承灾体暴露性作为一个优先评估指标来进行评估,为地市级台风灾害风险评估提供了一个思路。

现有灾害风险评估的结果大部分是布满研究区域,秉承“有风险总不会错”的想法。本文认为根据现有技术、方法尤其是灾害风险形成条件,如果某些区域灾害风险评价结果为0,那么就應該将该区灾害风险结果确定为0,这也符合实事求是的科学态度,因此本文中针对水稻台风风险为0的区域,进行了留白处理,这也是与大多数研究不同之处。

水稻台风灾害风险评估体系非常复杂,由于数据资料有限,本文研究还不够精细,例如未充分考虑到水稻品种在抗灾能力上的差异。此外,本文风险评估方法还有待完善,风险评估结果是相对数值,不利于横向对比;今后可以在灾害风险形成机理的基础上,开发风险情景下的绝对数值评估,以便更好地服务于社会需求。

参考文献:

- [1] 李瑞英,李茂松,王小兵,等.台风对我国农业的影响及防御对策[J].自然灾害学报,2006,15(6):127-130.
- [2] 尚志海,李晓雁.广东省沿海地区台风灾害风险评价[J].岭南师范学院学报,2015,36(3):136-142.
- [3] 丁燕,史培军.台风灾害的模糊风险评估模型[J].自然灾害学报,2002,11(1):34-43.
- [4] YIN J, YIN Z, XU S. Composite risk assessment of typhoon induced disaster for China's coastal area [J]. Natural Hazards, 2013, 69(3): 1423-1434.
- [5] 刘少军,张京红,蔡大鑫,等.台风对天然橡胶影响评估模型研究[J].自然灾害学报,2014,23(1):155-160.
- [6] 于小兵,俞显瑞,吉中会,等.基于信息扩散的东南沿海台风灾害风险评估[J].灾害学,2019,34(1):73-77.
- [7] 牛海燕,刘敏,陆敏,等.中国沿海地区近20年台风灾害风险评价[J].地理科学,2011,31(6):764-768.

- [8] 朱婧, 陆逸, 李国平, 等. 基于县级分辨率的福建省台风灾害风险评估[J]. 灾害学, 2017, 32(3): 204–209.
- [9] CHEN Y, DUAN Z. A statistical dynamics track model of tropical cyclones for assessing typhoon wind hazard in the coast of southeast China [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2018, 172(1): 325–340.
- [10] 张忠伟. 基于 RS 与 GIS 海南岛台风灾害对橡胶影响的风险性评价研究[D]. 海口: 海南师范大学, 2011.
- [11] 陈香. 福建省台风灾害风险评估与区划[J]. 生态学杂志, 2007, 26(6): 961–966.
- [12] SHIMOYAMA T. Studies on the wind or storm – damages to paddy rice plant in the stage before and after heading[J]. Japanese Journal of Crop Science, 1958, 27(2): 163–167.
- [13] MASUTOMI Y, HIZUMI T, TAKAHASHI K, et al. Estimation of the change area due to tropical cyclones using fragility curves for paddy rice in Japan[J]. Environmental Research Letters, 2012, 7(1): 14–20.
- [14] 周俊华, 史培军, 范一大, 等. 西北太平洋热带气旋风险分析[J]. 自然灾害学报, 2004, 19(3): 146–151.
- [15] 李瑞英. 台风对我国水稻生产的影响及风险分析——以福建省为例[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [16] 徐鹏飞. 面向农业的台风灾害风险评估[D]. 上海: 华东师范大学, 2017.
- [17] 苏高利, 苗长明, 毛裕定, 等. 浙江省台风灾害及其对农业影响的风险评估[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(5): 113–119.
- [18] 王胜, 石磊, 田红, 等. 安徽省台风降水气候特征及其对农业的影响[J]. 中国农业大报, 2010, 15(3): 108–113.
- [19] 尚志海, 曹海玲, 林妙萍, 等. 国内农业台风灾害风险评估研究进展[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 168–172.
- [20] 湛江市年鉴编纂委员会. 湛江市统计年鉴[M]. 湛江: 湛江市统计局, 2001–2018.
- [21] 《中国气象灾害大典》编委会. 中国气象灾害大典(广东卷)[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [22] 广东省防灾减灾年鉴编纂委员会. 广东省防灾减灾年鉴 1995–2011[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [23] 尚志海, 蔡文慧, 欧先交, 等. 基于突变理论的梅州市地质灾害害度评估[J]. 安全与环境工程, 2014, 21(3): 55–59.
- [24] 张晓明. 决策分析中的数据无量纲化方法比较分析[J]. 闽江学院学报, 2012, 33(5): 21–25.
- [25] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6–17.
- [26] 梁缘毅, 吕爱锋. 中国水资源安全风险评价[J]. 资源科学, 2019, 41(4): 775–789.
- [27] 尚志海. 基于人地关系的自然灾害风险形成机制分析[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 5–9.
- [28] 刘少军, 张京红, 蔡大鑫, 等. Landsat 8 在橡胶林台风灾害监测中的应用[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(2): 53–58.
- [29] 张蕊. 基于突变级数法的山西省水资源脆弱性评价[J]. 水电能源科学, 2019, 37(4): 29–32.
- [30] 刘利群. 基于 GIS 的湛江水产养殖台风灾害危险性评估研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15): 8032–8033.

Risk Assessment of Rice Typhoon Disaster in Zhanjiang City of Guangdong Province

SHANG Zhihai, ZHOU Mingyi, LIANG Qisheng, YANG Shuhui,
ZHANG Ronglong and ZHEGN Kanghui

(School of Geographical Sciences, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: Rice is the most important food crop in South China, and typhoon disaster risk assessment has important sense which takes it as the research object. Based on the formation mechanism of natural disaster risk, taking the sensitivity of disaster occurred place, hazard of disaster force and exposure of disaster body into comprehensive consideration by 10 index, the catastrophe progression method is used to construct a cascade catastrophe model for risk assessment of rice typhoon disaster. According to typhoon data of affecting counties and districts in Zhanjiang city in the period 1998–2018, the risk level of typhoon disaster was assessed. Research results showed that: In the risk assessment of Zhanjiang rice typhoon disaster, the exposure of rice typhoon disaster is mainly high in the central and northern regions and the hazard distribution of typhoon disaster is high in the east and south. The sensitivity of typhoon disaster occurred place presents certain regularity, which is high in the center and east. The areas with high risk of rice typhoon are distributed in the north and central part of Zhanjiang city. The regions with a risk index of 0 are mainly distributed in the middle of Xuwen county, the middle and south of Leizhou city and the middle of Suixi county. The results can provide a basis for the classified risk management of typhoon disasters in prefecture level cities.

Key words: typhoon disaster; rice; risk assessment; Zhanjiang